

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.05.013

35 kV 变电站系统的综合自动化改造

蒋中红

(浙江善高化学有限公司, 浙江 宁波 315200)

摘要: 浙江善高化学有限公司为了提高35 kV变配电系统的运行可靠性, 结合变电所的运行现状, 对其进行了自动化改造, 将原变电所各种分立元件组成的各类继电器保护装置改为微机保护装置。对改造的35 kV变配电系统的具体构成、系统的自动化改造、各种保护功能的调试以及后台监控系统的设计进行了介绍。系统运行结果表明: 改造后的系统能提高各种保护的精确度和可靠性; 系统改造不仅提高了系统供电的可靠性, 而且节约了人力, 节省了运营成本。

关键词: 35 kV 高压系统; 监控系统; 自动化改造

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)05-0056-06

Synthesized Automation Reformation of 35 kV Transformer Substation System

Jiang Zhonghong

(Zhejiang Gala Chemical Corp., Ningbo Zhejiang 315200, China)

Abstract: In order to improve the operating reliability of the 35 kV electric transforming and distributing system, Zhejiang Gala Chemical Corp. combined the substation operation situation and carried on automation transformation. Various types of relay protection composed of separate components were transformed into the micro-computer protecting device. The improved 35 kV system architecture, system automatic transforming, the protecting functions adjusting and background monitoring system design were introduced. The operation indicated that the transformation enhanced the accuracy and reliability of the system protection, and not only improved power supply reliability but also saved manpower and reduced running cost.

Keywords: 35 kV high pressure system; monitoring system; automation transformation

0 引言

浙江善高化学有限公司为主要生产高纯盐酸和氢氧化钠的氯碱企业^[1], 该企业的变电所配备了35 kV整流变压器4台、主变2台, 所用变压器2台。该总变压器35 kV的保护系统已经使用了15年, 各种继电器都有了不同程度的机械疲劳现象, 对其进行整定有一定困难, 同时也会影响整定的准确性及可

靠性。原有总35 kV变电站系统的保护装置已被基本淘汰, 而现在广泛使用的是以单片机为主的综合保护器^[2-3]。且即便是传统的继电器生产厂家, 也因为其主要生产以单片机为主的综合保护器, 故生产的各种传统继电器的质量也不够理想。浙江善高化学有限公司变电所的35 kV系统的电气监控系统故障率逐年增大, 导致系统维修费用逐年上升, 故需对其进行更新。

收稿日期: 2012-08-23

作者简介: 蒋中红(1982-), 男, 湖南湘潭人, 浙江善高化学有限公司工程师, 主要研究方向为供电与配电技术,

E-mail: jzh_zgcc@163.com

对于由各类继电器组成的保护系统而言，总变 35 kV 系统保护的校验工作较复杂，技术要求较高，对从事此项工作人员的要求（依赖性）很高，故需对已有 35 kV 系统保护进行改造，以根本改变此情况。通过本公司电气工程师们的不断努力，终于在不影响公司正常生产的情况下，于 2010 年底完成了总变 35 kV 系统的自动化改造，本更新项目完成后，逐渐替代了原系统保护装置，且本更新项目在技术上比以前的电气监控系统更易掌握，可弥补目前电气监控系统装置技术不成熟的问题^[4]。本文拟对这一改造进行总结与简单介绍，以期为同类变电站系统的改建提供参考与借鉴。

1 系统构成

改造后的 35 kV 变电站系统主要包括开关柜和控制室 2 部分。

改造后的 35 kV 开关柜设置在变电站二楼，一楼为无人值守控制室，该控制室内设置有 35 kV 进线保护屏幕 1 面、2 路主变保护屏幕 1 面以及 4 路整流保护屏幕 2 面。

因考虑到工程改造不能对公司生产造成影响，故允许的停电时间较短，并且需要在有限的停电时

间内将新旧系统之间的交接与转换工作完成。因此，可以从如下两个方面考虑缩短停电完成转换工作的时间：一方面，原继电保护屏取消不用，将所有微机保护测控装置分散安装于开关柜上，大部分接线在柜内完成，这样可减少保护控制回路的外部电缆连接时间，从而减少停电时的转换工作量；另一方面，可从二次保护控制原理设计图上着手，设计时结合原二次继电保护装置控制原理图，尽量少改动，多利用原设计的接线、端子、电缆等，以达到既满足微机保护测控装置的接线要求，又能减少工作量的目的。

对于后台监控，应现场实际情况的需求，总变一楼控制室设为无人值守方式，后台监控主机设置在离开开关室 400 m 远的整流监控室内，以实现总变 35 kV 配电系统运行的远程监视和控制。

2 系统改造

本次系统改造增加的硬件设备有：线路保护测控装置 2 台，配变保护测控装置 6 台，电容器保护测控装置 2 台，华研工控机 1 台。同时，需要修改后台监控系统程序 1 套。微机保护硬件系统的结构如图 1 所示。

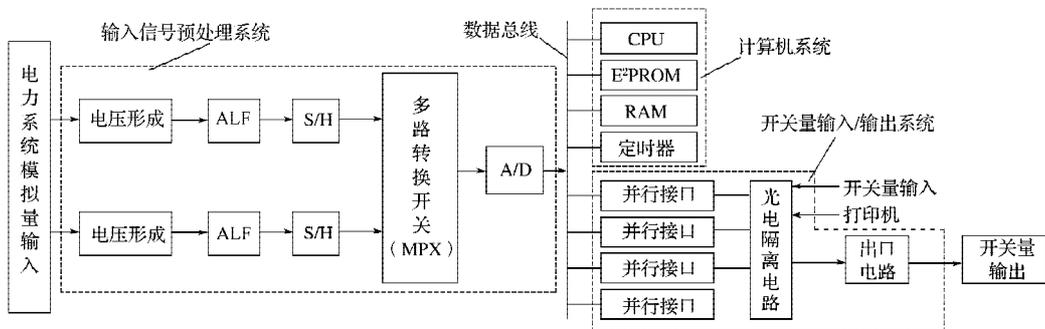


图1 微机保护硬件系统结构图

Fig. 1 The structure diagram for microcomputer protecting hardware system

微机保护软件系统总流程图如图 2 所示。

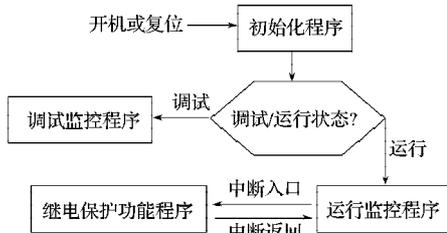


图2 微机保护软件系统总流程图

Fig. 2 The flowchart of microcomputer protecting software system

1 套微机保护软件系统的全部软件可以分为监控程序和保护功能程序 2 大类。本系统改造中的运

行监控程序流程如图 3 所示。

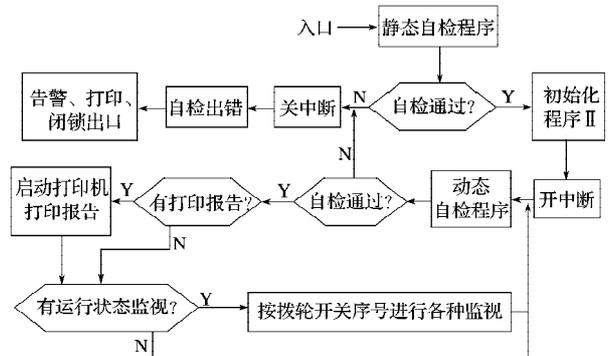


图3 运行监控程序流程图

Fig. 3 The flowchart of operation monitoring program

系统改造后的保护功能程序流程如图4所示。

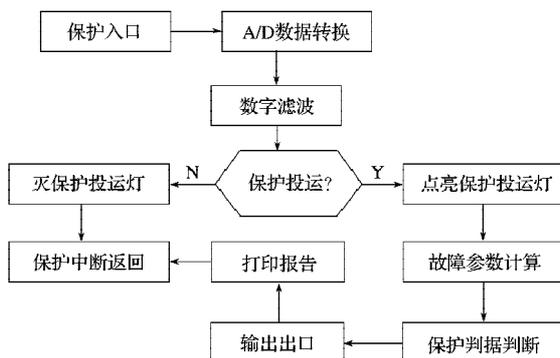


图4 保护功能程序流程图

Fig. 4 The flowchart of protecting function program

在对已有系统保护功能进行改造设计时,应充分考虑系统的保护功能、监控功能、录波功能和通讯功能。

改造后的35 kV变电站系统保护功能程序中,主要含有如下保护功能:

- 1) 低电压闭锁方向(可分别投退)的电流速断保护;
- 2) 两段式低电压闭锁方向(可分别投退)的定时限过电流保护,第三段可选择反时限保护;
- 3) 零序电流保护/小电流接地选线;
- 4) 过流后加速保护;
- 5) 过负荷告警;
- 6) 三相一次重合闸及后加速(保护启动或不对应启动;检无压/同期/不检定);
- 7) 分布式低周减载;
- 8) 低电压保护;
- 9) CT断线告警;
- 10) PT断线告警;
- 11) 控制回路断线告警。

改造后的35 kV变电站系统保护功能程序中,主要有遥信、遥脉、遥测、遥控及开出等监控功能。

1) 遥信。本监控功能包括10路外部遥信采集和13路装置软件判断遥信。外部遥信采集具体包括远方就地信号、开关工作位置信号、手车工作位置信号、手车试验位置信号、接地刀闸位置信号、弹簧储能信号、2路备用信号、跳闸位置、合闸位置等。装置软件判断遥信主要为各种类型保护动作信号。

2) 遥脉。本监控功能主要包括2路脉冲电度输入和4路计算电度。

3) 遥测。本监控功能主要包括远距离测试 F , U_a , U_b , U_c , U_{ab} , U_{cb} , I_a , I_b , I_c , P , Q , $\cos\Phi$,并实时显示一次和二次交流量。

4) 遥控。本监控功能主要完成正常断路器的遥控分合。

5) 开出。改造后的系统装置具有11对开出空接点,具体包括跳闸输出、跳位输出、合位输出、控制回路断线输出、装置故障输出、保护动作类型输出等。

改造后的35 kV变电站系统保护功能程序中,具有故障录波功能。该故障录波功能能动态记忆最新8次保护故障波形,且每个事件记录故障的前4个周波及故障后的2个周波,每周波记录12点。系统监控人员可以在监控装置上查看故障录波数据、时间、名称等,并可根据其进行故障分析,也可将数据上传至当地监控或调度系统。

改造后的系统装置中具有CAN、RS485等网络通讯接口,以方便与其他智能设备连接通讯。

改造后的线路保护测控装置所设定的保护定值见表1~3。

表1 线路保护测控装置保护整定数值定值表

Table 1 The protection setting value list of tuning numerical for line protection measurement and control device

序号	名称	整定范围	整定步长	备注
1	低电压闭锁定值	0~89.9V	0.1 V	
2	过流 I 段定值	1.00~90.00 A	0.01 A	
3	过流 II 段定值	1.00~90.00 A	0.01 A	
4	过流 III 段定值	1.00~90.00 A	0.01 A	
5	过流加速段定值	1.00~90.00 A	0.01 A	
6	零序过流定值	0.01~1.80 A	0.01 A	
7	过负荷定值	1.00~20.00 A	0.01 A	
8	重合闸检无压定值	0.5~50.0 V	0.1V	
9	重合闸检同期定值	0~90.00 度	0.01 度	
10	低周减载频率定值	43.00~50.00 Hz	0.01 Hz	
11	无流闭锁低周定值	0.50~10.00 A	0.01 A	
12	滑差闭锁低周定值	0.02~9.90 Hz/s	0.01 Hz/s	
13	低电压定值	50.0~89.9 V	0.1 V	

表2 线路保护测控装置保护整定时间定值表

Table 2 The protection setting value list of tuning time for line protection measurement and control device

序号	名称	整定范围/s	整定步长/s	备注
1	过流 II 段时间定值	0.05~10.00	0.01	
2	过流 III 段定时限	0~99.00	0.01	
3	过流 III 段反时限	0~99.99	0.01	
4	加速段时间定值	0.05~3.00	0.01	
5	零序过流时间定值	0.05~99.00	0.01	
6	过负荷定时间定值	0.05~99.00	0.01	
7	重合闸时间定值	0.05~99.00	0.01	
8	低周减载时间定值	0.05~99.00	0.01	
9	低电压时间定值	0.05~99.00	0.01	

表3 线路保护测控装置保护整定投退定值表

Table 3 Protection setting value list of scheduled to retire for line protection measurement and control device

序号	投退定值	状态	备注
1	过流 I 段保护	投 / 退	
2	过流 II 段保护	投 / 退	
3	过流 III 段保护	投 / 退	
4	过流 III 段反时限	投 / 退	
5	过流加速段保护	投 / 退	
6	零序过流保护	投 / 退	
7	零序过流跳闸	投 / 退	
8	过负荷保护	投 / 退	
9	不对应起动重合闸	投 / 退	
10	保护起动重合闸	投 / 退	
11	重合闸检无压	投 / 退	
12	重合闸检同期	投 / 退	
13	低周减载保护	投 / 退	
14	低周减载滑差闭锁	投 / 退	
15	低电压保护	投 / 退	
16	过流 I 段方向保护	投 / 退	
17	过流 II 段方向保护	投 / 退	
18	过流 III 段方向保护	投 / 退	
19	过流加速段方向	投 / 退	
20	低电压闭锁功能	投 / 退	
21	零序过流方向保护	投 / 退	
22	PT 断线	投 / 退	
23	CT 断线	投 / 退	
24	控制回路断线	投 / 退	

3 各保护功能的调试

由于对系统改造时所选用保护装置的软件和硬件已经实现模块化定型，故对保护功能进行调试时只需验证装置的硬件完整性，以及相应保护逻辑的正确性。同时，由于微机保护装置具有较强的在线自检功能，故人为调试的工作量大大减少，主要包括电流过流 I 段保护、过流 II 段保护、过流 III 段保护和低电压保护。

1) 过流 I 段保护。过流 I 段保护也称电流速断保护，其流程图见图 5。其中 I_{set1} 为过流 I 段保护电流定值。

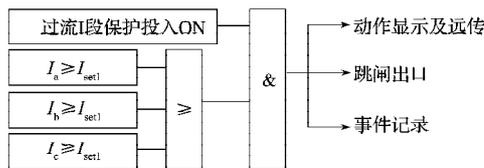


图 5 过流 I 段保护流程图

Fig. 5 The protection flowchart of over-current section I

2) 过流 II 段保护。过流 II 段保护的流程图见图 6。其中， I_{set2} 为过流 II 段保护电流定值， T_{set} 为过流

II 段保护时间定值。

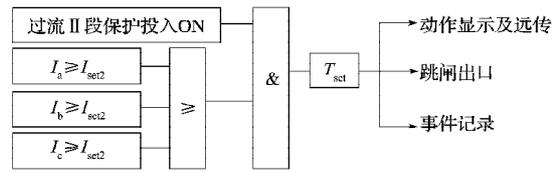


图 6 过流 II 段保护流程图

Fig. 6 The protection flowchart of over-current section II

3) 过流 III 段保护。在本系统改造中，过流 III 段保护选择反时限保护功能，采用如下极端反时限特性曲线

$$t = T_{set} \sqrt{\left[\left(I / I_{set} \right)^2 - 1 \right]}$$

式中： T_{set} 为过流 III 段保护反时限时间定值；

I_{set} 为过流 III 段保护电流定值；

I 为实测电流；

t 为实际动作时间。

过流 III 段保护流程图如图 7 所示。其中， I_{set3} 为过流 III 段保护电流定值， T_{set1} 为过流 III 段保护定时间定值， T_{set2} 为过流 III 段保护反时限时间定值。

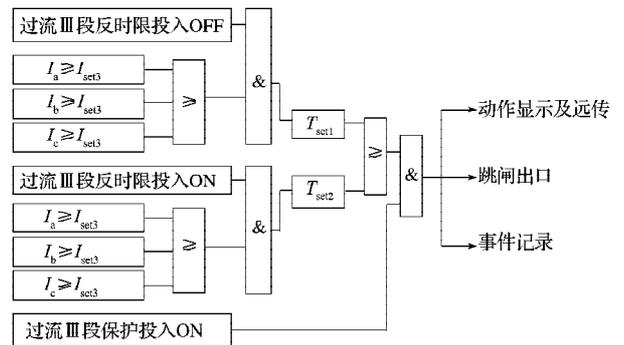


图 7 过流 III 段保护流程图

Fig. 7 The protection flowchart of over-current section III

电流过流保护的测试方法如下：I 段保护调试时，首先投入“过流 I 段保护”软压板、退出“过流 II 段保护”软压板和“过流 III 段保护”软压板；然后加 I_a (I_b 或 I_c) $> I_{set1}$ 保护动作；最后，在液晶显示屏上显示“过流 I 段保护 A (B 或 C) 相动作”，并发送“保护动作”中央信号。

过流 II 段、过流 III 段与过流 I 段的保护调试方法类似，不同的是过流 II 段、III 段需经过整定的时延后才出口跳闸。

4) 低电压保护。为了避免使用相电压在 PT 单相断线时引起低电压保护误动，低电压保护采用线电压，可选择跳闸或发信号。低电压保护流程如图 8 所示，其中， U_{set} 为低电压保护电压定值， T_{set} 为低电压保护时间定值。

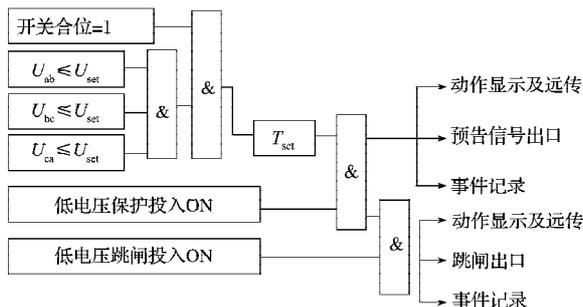


图8 低电压保护流程图

Fig. 8 The flowchart of low voltage protection

4 后台监控系统的设计

本次改造中,采用 HE2000 变电站自动化后台监控系统。该监控系统以 Win2000 为系统平台,实现变电站所有信息的最终集中监测、处理、显示和存档,并完成对变电站内一次、二次侧设备的控制。监控系统按照分层分布式控制系统的设计原则,分为间隔单元层、通信层和变电站层 3 层,可以实行多种组网形式,系统的结构框图如图 9 所示。

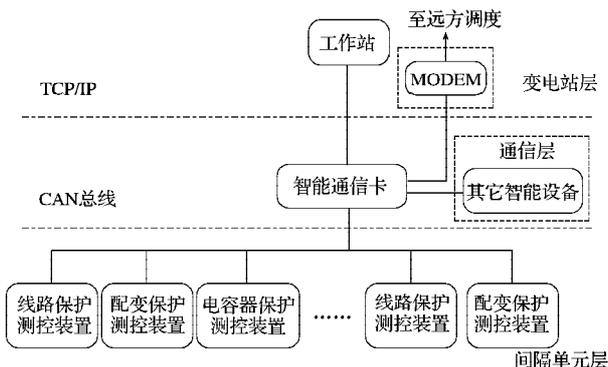


图9 监控系统结构框图

Fig. 9 The structure diagram of monitoring system

1) 间隔单元层。该层由全站所有保护、测控装置等设备构成,并通过通讯网络接入通讯管理层。工程中 35 kV 系统的间隔单元装置都分散安装在各高压开关柜上。间隔单元层设备主要完成继电保护,各种遥信量、遥测量的采集和上传,以及各种控制命令的下传等功能。

2) 通信层。本层主要由智能通信处理卡和通讯网络组成,智能通信处理卡主要完成通讯串口转换功能,以使其与监控主机合为一体,实现系统信号的接收和处理功能。

3) 变电站层。此层也称管理层,由 1 台功能完备的计算机通过通信网络组成。变电站层是整个自动化系统的监控平台和人机对话窗口,主要完成对各种画面的监视,图形曲线的调用,控制命令的下达,各种报表、数据库的生成、管理、打印,事故

报警,维护,故障诊断等功能。

微机综合自动化系统能对整个变电站的一次主设备实现遥测、遥控、遥信、遥调功能,对二次设备和辅助设备实现远方的控制和管理,并与保护设备、远方控制中心、调度及其它智能设备进行通讯,以实现变电站的综合自动化。其主要功能包括:

1) 数据采集与处理功能。通过间隔单元层采集来自生产过程的模拟量、数字量、脉冲量及温度值等,对所采集的输入量进行数字滤波、有效性检查、工程值转换、故障判断、信号接点消抖、电度计算等处理,从而产生供用户应用的各条线路的电流、电压、有功功率、无功功率、电度、功率因数等各种实时数据,供数据库更新。

2) 统计计算功能。根据采样的实时数据,能够计算出每一电气单元的有功功率、无功功率、电度、各相电流、电压、功率因数;产生电压合格率、负荷率;对数字输入状态量进行逻辑运算;统计各线路有功功率、无功功率的最大值、最小值和平均值,以及各母线电压的最大值、最小值和平均值等。

3) 记录功能。监控系统可将状态变化、遥测越限数据、事件顺序记录、控制操作等信息按照指定格式保存在微机上,以供用户查询、回顾、打印。

4) 报警处理功能。报警分为预告报警和事故报警两种。预告报警包括非操作引起的断路器跳闸和保护装置动作信号;事故报警包括一般设备变位、状态异常信息、模拟量越限/复限、监控系统状态异常、设备运行信号异常等。

事故报警时,监控屏画面上以颜色改变和闪烁来表示该设备变位,同时显示报警条文,并由通讯处理器向远方的控制中心发送报警信息。预告报警处理方式与事故报警基本相同,但在音响上与事故报警相区别。在报警窗口中,可完成浏览、筛选、确认等操作,同样的报警采用相同的处理方法,不覆盖第一次,内容包括动作设备名称、动作类型、动作值及动作时间等。

5) 维护功能。变电站保护系统具有完善的维护功能,允许系统维护管理工程师在线对系统进行诊断、管理、维护和扩充。具体包括数据库的维护、功能维护、站控系统的故障诊断等。

6) 控制功能。运行人员可以用鼠标对需要控制的电气设备发出操作指令,控制断路器的远方分合。控制操作符合电力规范,如密码确认、监护人许可、遥控选择、返校和遥控执行、遥控状态显示等。当开关或断路器操作后,主接线画面上操作过的开关闪烁,以提醒运行人员操作已完成。计算机监控系

统对1台设备同一时刻只能执行一条控制命令,同时收到1条以上命令或与预操作命令不一致时,拒绝执行,并给出出错信息。系统还可与“五防机”相连,实现闭锁式控制。

7) 操作权限管理功能。变电站保护系统对控制操作具有权限等级管理功能,只有具有权限的运行人员,使用正确口令,才有权控制操作。

8) 事件记录功能。变电站保护系统将对所有保护动作信息、设备异常告警信息、遥测越限信息、事件顺序记录、开关刀闸变位、遥控操作信息等,以记事本的形式记录在历史数据库中,用户可随时查阅相关数据信息。

9) 远动通讯功能。变电站保护系统预留有远动通信接口,可通过该接口外接MODEM或局域网,与调度或上级系统通讯,且远动系统升级或换型后均能够方便地进行修改。

5 结语

通过对浙江善高化学有限公司35 kV变电站的监控系统进行以上改进,有效改善了原变电站系统监控系统故障率较高、维护费用较高等问题,从而保证了企业的正常稳定生产。

经实际调试对比后发现,改造后的系统的直接经济效益可观,例如:与未进行改造前相比,省去了12名高配电工的人工工资;大幅度下降了原来用于继电保护元件的更换、试验和校验的费用,每年约可节约人民币10万元。并且,通过改造,提高了35 kV系统保护的可靠性和准确性,大大减少了因变电站故障而引起的公司全系统停车次数,至少每年为公司多创造了15 d的生产效益。改造后的系统也达到了在异常情况下方便检测和维修的目的,从而让综合自动化系统真正发挥出它应有的作用,确保

氯碱生产的连续、安全、可靠供电。

以上调试结果证明本次对变电所35 kV系统保护所进行的改造是成功的,且本更新项目在技术上比以前的电气监控系统更易掌握,可弥补目前的电气监控系统装置技术不成熟的问题。因此,该变电所的成功改造,为其他相关企业进行同类改造提供了理论参考依据。

参考文献:

- [1] 浙江善高化学有限公司. 浙江善高化学有限公司[EB/OL]. [2012-07-08]. <http://shangao.ypb.cn/>. Zhejiang Gala Chemical Corp.. Zhejiang Gala Chemical Corp. [EB/OL]. [2012-07-08]. <http://shangao.ypb.cn/>.
- [2] 顾勇, 李强. 基于MC68HC908单片机的伸缩自动门控制系统[J]. 通信与广播电视, 2003(4): 35-39. Gu Yong, Li Qiang. Auto Retractable Gate Control System Based on Motorola MCU[J]. Communication & Audio and Video, 2003(4): 35-39.
- [3] 刘明真, 陈鸿. 基于单片机智能节水灌溉系统的设计[J]. 学术问题研究: 综合版, 2010(1): 75-80. Liu Mingzhen, Chen Hong. The Design of Intelligent Water-Saving Irrigation System Based on Monolithic Integrated Circuit[J]. Academic Research: Integrated Edition, 2010(1): 75-80.
- [4] 王诗然. 电气监控管理系统在发电生产中的应用研究[J]. 宁夏工程技术, 2012, 11(2): 118-123. Wang Shiran. Application of Electrical Control and Management System in Power Generation[J]. Ningxia Engineering Technology, 2012, 11(2): 118-123.
- [5] 李正吾. 新电工手册: 上下册[M]. 2版. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2009. Li Zhengjun. The New Electrical Manual[M]. 2nd ed. Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 2009.

(责任编辑: 廖友媛)